

SORATEIDEN KULUTUSKERROS 1976

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS

Maatutkimustoimisto

Rakentamistalouden toimisto

TVH 732917



TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS

Kirjasto/puh 1542030

Päivämäärä

24.11.84

Numero

Tekijä

TVH : SORATEIDEN KULTURUS-

Teos ja osa

KERRAISEN KUNNOSARITUS/111111

SORATEIDEN KULTURUS-

Nro.lukumäärä

2

Painopaikka ja -aika

KERRAISEN - 70

Lainaajan nimi

SEIPPO SALMENKATIA

Arvo

Puhelin

Osoite

OULUN KEHTIYYSYKSINEN

Olen saanut yllämainitun teoksen lainaksi ja sitoudun palauttamaan sen korvaamaan sen arvon.

päivän kuluttua tai

Päivämäärä

Allekirjoitus

~~PALAUTETTAVA KIRJASTOON ALLEKIRJOITETTUNA~~Snit. j. Mäkelä
intini

A-Copy/4169

TVH 701430 ABL 3000x4 12.86

SORATEIDEN KULUTUSKERROS v. 1976

S i s ä l l y s l u e t t e l o

1.	JOHDANTO	1
2.	TUTKIMUKSEN SUORITUS	1
3.	TUTKIMUSTULOKSET	2
3.1	Kulutuskerroksen paksuus	2
3.2	Kulutuskerroksen rakeisuus	3
3.3	Kulutuskerroksen yleiskunto	6
3.4	Muut selvitykset	7
	3.41 Liikennemäärät	7
	3.42 Suolamäärät	7
3.5	Regressioanalyysitulokset	8
	3.51 Kaikkien selittäjien regressiomalli	8
	3.52 Regressiomalli ilman maastotekijöitä	9
4.	TULOSTEN TARKASTELUA JA JOHTOPÄÄTÖKSIÄ	10
4.1	Kulutuskerroksen rakenne	10
4.2	Kulutuskerroksen yleiskunto tutkimus- ajankohtana	12
4.3	Käytetyt suolamäärät	12

LIITTEET

SORATEIDEN KULUTUSKERROS VUONNA 1976

1. J O H D A N T O

Tutkimus on käynnistynyt maatutkimustoimiston (Rmt) toimesta ja on suoritettu eri tie- ja vesirakennuspiireissä tarkasta- ja Reijo Oraman (Rmt) ohjeiden mukaisesti. Koetulokset on käsitelty tilastollisesti rakentamistalouden toimistossa (Rrt) TkT Asko Saarelan ja dipl.ins. Risto Hakkaraisen toimesta.

Tutkimuksen tarkoitus oli inventoida sorateiden kulutuskerrosmateriaalien rakeisuus, kulutuskerroksen paksuus sekä yleiskunto "sovelletun" laatustandardin mukaan. Tutkimukset kohdistuivat sekä koko maahan että eri piireihin siten, että eri tieluokat ja materiaalilajit tulivat huomioon otetuiksi.

Lisäksi pyrittiin tulosten perusteella selvittämään

- nykyisen rakeisuuden ohjealueen käyttökelpoisuus ja muutostarve
- soratien kuntoon eniten vaikuttavat tekijät.

2. T U T K I M U K S E N S U O R I T U S

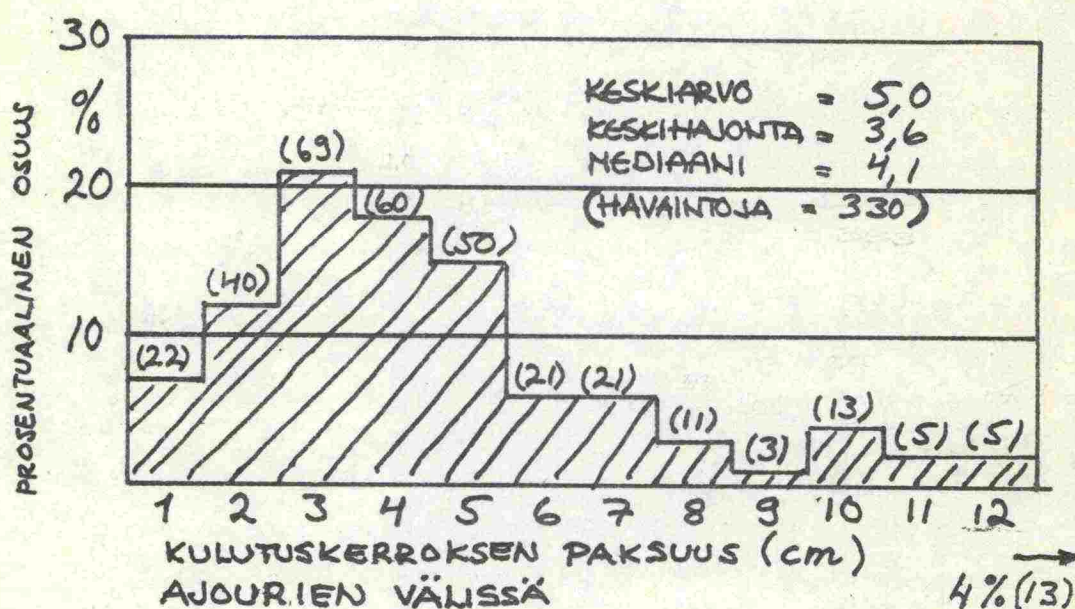
Tutkimusta varten otettiin kussakin tiepiirissä eri kunnossapitoluokkiin (4...7) kuuluvilta sorateilta 3 näytettä: ajo-urien välistä, ajouran kohdalta sekä reunasta siten, että eri materiaalilajit tulivat huomioon otetuiksi.^{x)} Tutkitut materiaalit olivat sora, murskesora ja murske. Näytteestä tutkittiin rakeisuus ja samassa yhteydessä mitattiin kulutuskerroksen paksuus ja arvioitiin tien kunto laatustandardia TVH 2.993 soveltaen (asteikko 1...5). Tuloksissa esitettävä suolamäärä tarkoittaa kevätsuolausmäärää.

x) tutkittuja näytteitä oli kaikkiaan $3 \times 333 = 999$ kpl.

3. TUTKIMUSTULOKSET

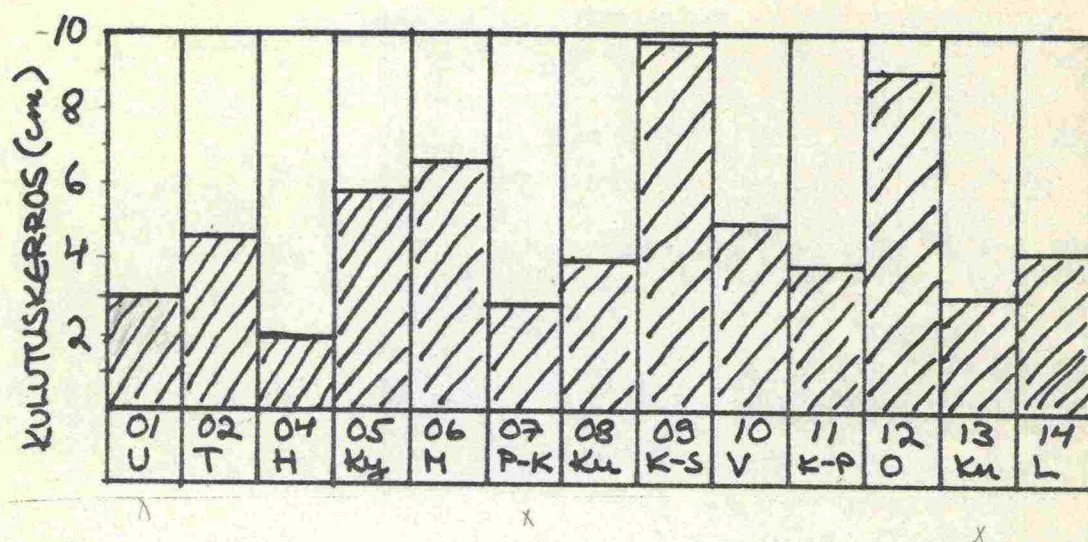
3.1 KULUTUSKERROKSEN PAKSUUS

Kulutuserroksen keskimääräinen paksuus oli koko maassa ohjeiden mukainen 5,0 cm. Kuitenkin yli 70 % havainnoista keskittyi alueelle 1...5 cm (kuva 1).



Kuva 1. Sorateiden kulutuserroksen paksuuden jakaumakuviokuva (koko TVL)

Piirien väliset erot kulutuserroksen paksuudessa vaihtelivat Hämeen piirin 2 cm:stä Keski-Suomen piirin lähes 10 cm:iin. Suuret erot ovat selitettävissä paitsi paikallisilla olosuhteilla ja käytetyillä materiaaleilla myöskin tutkimusaineiston epäedullisella jakautumisella ja mahdollisten routavauriokohtien vahvistamisella.



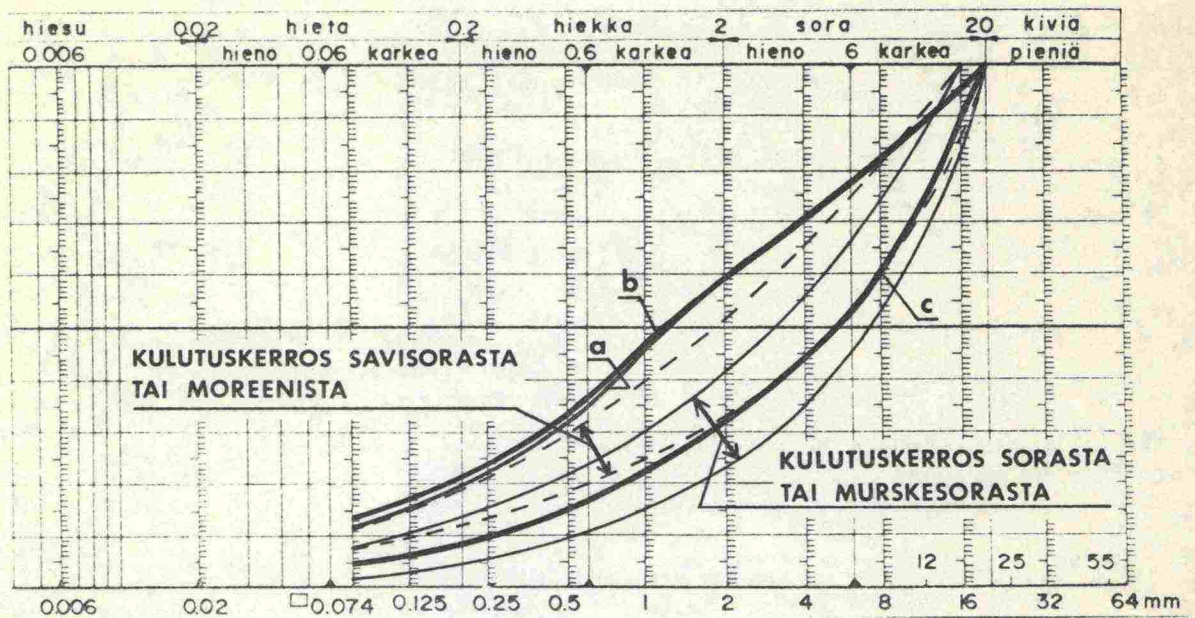
Kuva 2. Keskimääräiset kulutuskerrospaksuudet (cm) eri tv-piireissä.

Tieluokittaisessa tarkastelussa havaittiin kulutuskerroksen paksuuden (cm) vähenevän jonkin verran tieluokan aletessa. Tulos oli seuraava:

KP-luokka	Keski-arvo	Minimi	Maksimi
4	5,1	1,0	24,0
5	5,3	1,0	26,0
6	4,5	1,0	22,0
7	3,5	1,0	22,0

3.2 KULUTUSKERROKSEN RAKEISUUS

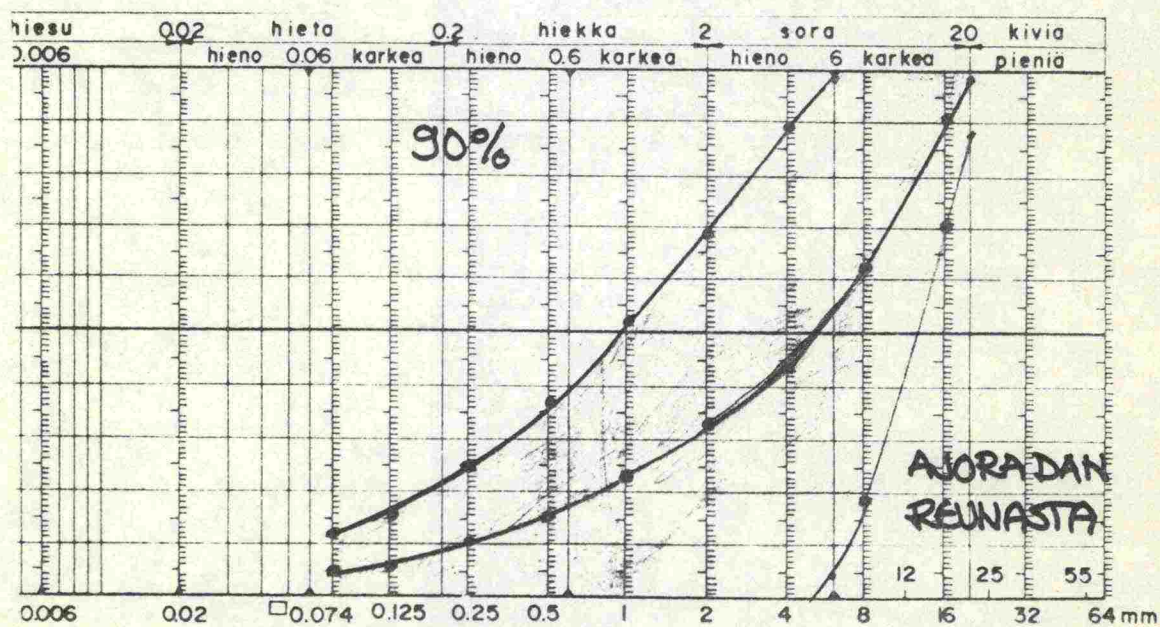
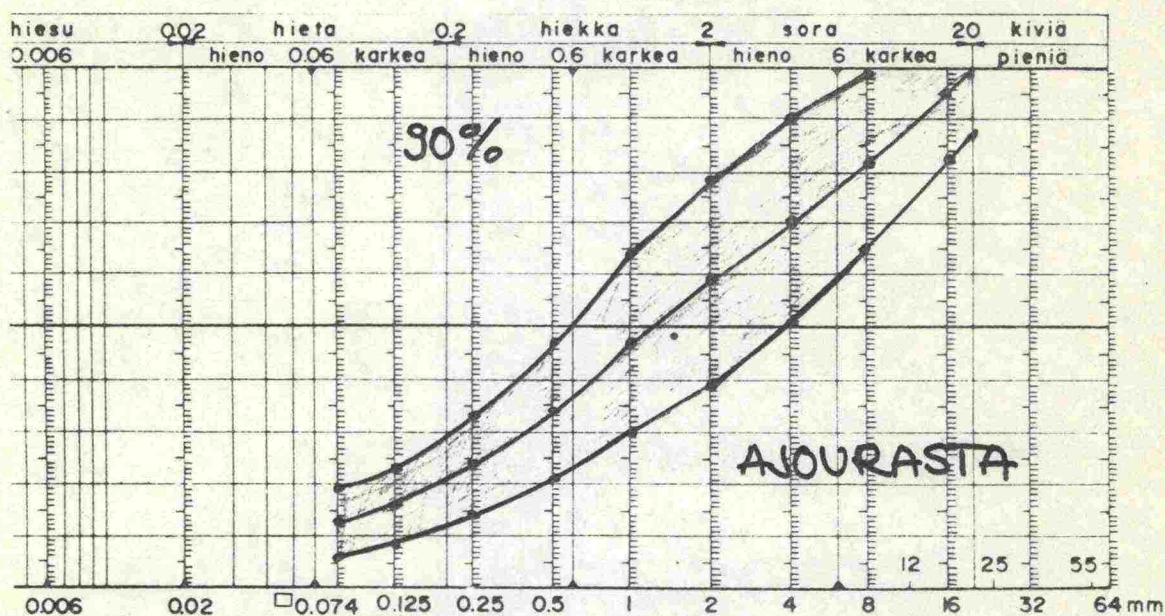
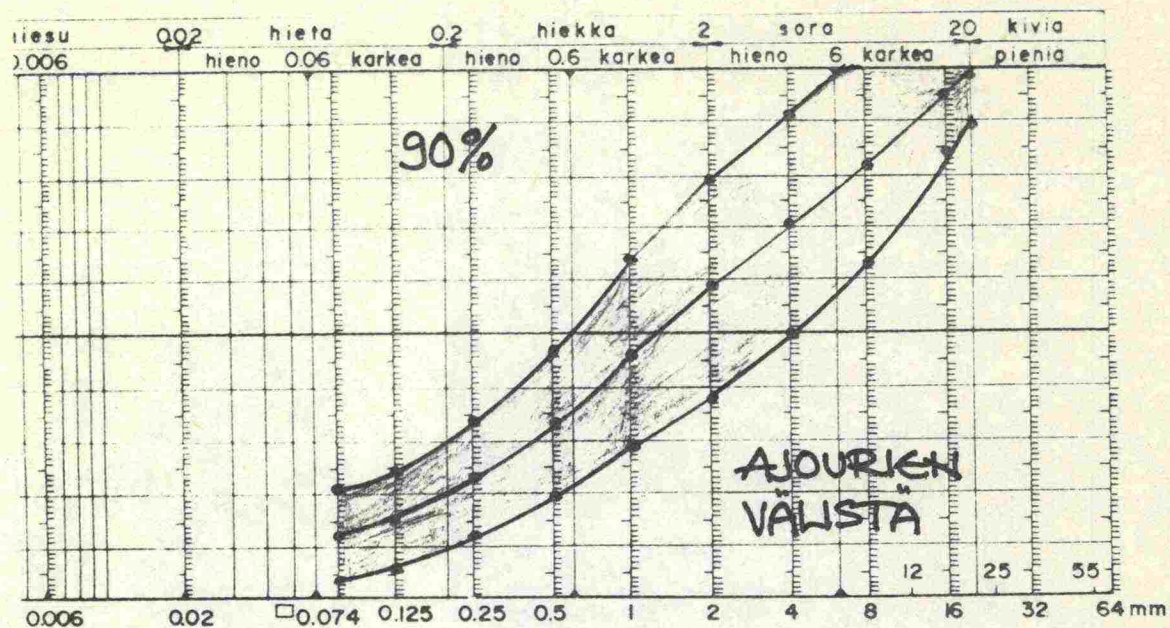
Koko maata käsittävät rakeisuustulokset esitetään kuvassa 3. Kuvan 3 mukaan noudattavat keskimääräiset rakeisuuskäyrät TVL:n ohjealuetta hienoaineksen ja maksimiraekoon osalta. Sen sijaan seulakokojen 0,5 ja 8 mm välillä on muodostunut selvä "hiekkapussi" ja käyrä asettuu ohjealueen yläpuolelle. Ajoradan reunasta otetuista näytteistä saatu rakeisuuskäyrä osoittaa reunalle joutuneen aineksen olevan selvästi karkearakeisempaa.



Kuva 3. Sorateiden kulutuskerroksen keskimäärinen rakeisuuskäyrä ajourien välissä (a), ajourassa (b) ja ajoradan reunasta (c).

Keskimääräisille rakeisuuskäyriä lasketut 90 %:n varmuusvälit pitävät täysin paikkansa 0,5 mm:n raekokoon asti, mutta suurempien seulojen läpäisyprosentteilla oli erittäin suuri hajonta, eivätkä ne jakautuneet normaalisti, joten varmuusvälit ovat niiltä osin epäluotettavampia.

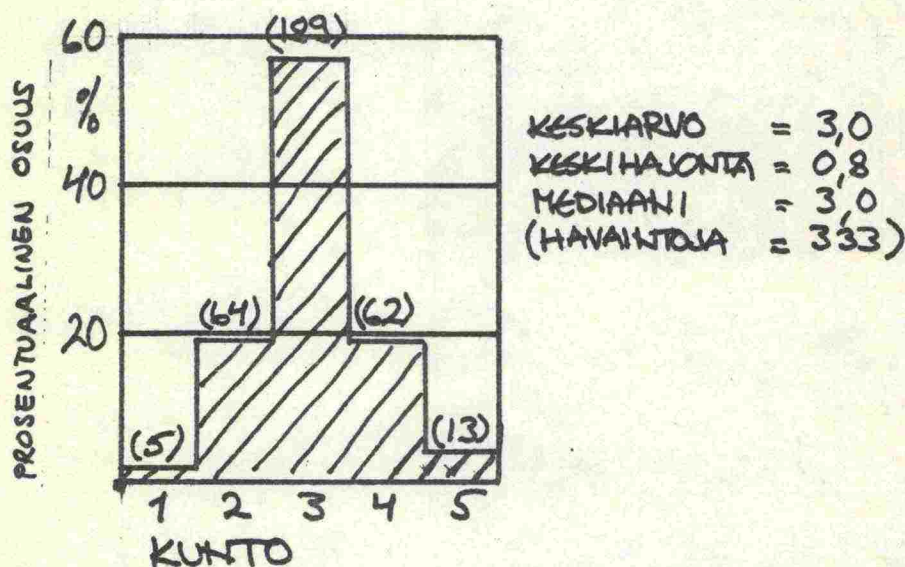
Piirikohtaiset rakeisuuskäyrät näytteenottokohdittain ja materiaalilajeittain esitetään liitteissä. Havaintomäärien vähäisyys vaikeuttaa johtopäätösten tekemistä varsinkin murskeen osalta.



Kuva 4. Kulutuskerroksen keskimääräiset rakeisuuskäyrät ja niiden 90 %:n varmuusvälit.

3.3 KULUTUSKERROKSEN YLEISKUNTO

Kulutuserroksen kuntoa ennen kunnostustoimenpiteitä pyrittiin arvioimaan laatustandardin mukaisella asteikolla kokonaislukuja 1...5 käyttämällä. Tällainen arviointi on henkilöstä riippuvaa ja epäluotettavaakin. Saatu tulosten jakauma ei kuvaa sorateiden kulutuserroksen todellista keskimääräistä kuntotaso, vaan ennen kunnostusta vallinnutta kuntoa. Piirien, materiaalilajien tai tieluokkien välisiä merkittäviä eroja ei havaittu. Tulosten mukaan n. 22 % sorateista on kunnostettu liian hyväkuntoisina ja n. 21 % liian huonokuntoisina.



Kuva 5. Sorateiden kulutuserroksen yleiskunnon prosentuaalinen jakauma.

3.4 MUUT SELVITYKSET

3.41 Liikennemäärät

Keskimääräiset kesän liikennemäärät (KKVL) havaintopaikoilla tieluokittain olivat seuraavat:

<u>KP-luokka</u>	<u>Keski-arvo</u>	<u>Minimi</u>	<u>Maksimi</u>	<u>Luokittelu-arvot</u>
4	759	194	1800	501-1500
5	368	99	1846	201-500
6	188	40	1108	101-200
7	106	15	490	0-100

Keskimäärin sopivat kesän liikennemäärät (KKVL) hyvin kp-luokkavaatimukseen (kp-luokkaraja 100 ajon/vrk on ylitetty kp-luokassa 7).

3.42 Suolamäärät

Suolamäärät olivat kunnossapitoluokittain suolausajankohtana seuraavat:

<u>Kp-luokka</u>	<u>Suolamäärä kg/m²</u>			
	<u>keskiarvo</u>	<u>minimi</u>	<u>maksimi</u>	<u>suositus</u>
4	0,43	0,00	1,20	0,60
5	0,30	0,00	0,90	0,40
6	0,23	0,00	1,40	0,20
7	0,17	0,00	0,50	0,10

Suolamäärät ovat kp-luokkiin 4 ja 5 kuuluvilla sorateilla keskimäärin lievästi pienemmät yleisesti suositeltavia kevään ensimmäisen suolauksen suolamääriä, muilta osin ne ovat lähes sopivia.

3.5 REGRESSIOANALYYSITULOKSET

Eri tekijöiden välistä riippuvuutta ja eri tekijöiden vaikutusta tien kuntoon tutkittiin lineaarisen valikoivan regressioanalyysin avulla. Regressiomalleista esitetään tarkemmin tien kuntoa selittävä yhtälö. Käsittely suoritettiin kahdessa osassa: toisella oli tien maastolliset ominaisuudet mukana, toisessa ne oli jätetty pois (koska ne lähinnä luokkamuuttujina eivät voi olla matemaattisina selittäjinä). Regressioyhtälö on muotoa $y = a_0 + a_1 x_1 + \dots + a_n x_n + W$, missä y on selitettävä muuttuja, x_i selittävä muuttuja, a_i regressiokerroin ja W jäännöstermi.

3.51 Kaikkien selittäjien regressiomalli

Tien yleiskuntoa (1...5) selitti tarkimmin seuraava 11 muuttajan regressiomalli:

selittäjä		selittäjän keskiarvo	a_i
1	vaaka geometria	1,2	- 0,28 xxx
2	paksuus	5,5 cm	0,025 xx
3	suolamäärä	0,26 kg/m ²	0,52 xx
4	# 0,125 mm	15,8 %	0,076 x
5	# 4	70,9 %	- 0,036 x
6	# 16	95,3 %	0,028 x
7	# 6	77,6 %	0,031 -
8	# 20	98,1 %	- 0,022 -
9	aika suolauksesta	8,9 vrk	- 0,0046-
10	# 0,074 mm	12,8 %	- 0,039 -
11	# 1	47,1 %	- 0,011 -

$R = 0,37$ xxx

$a_0 = 2,50$

Jäännöshajonta = 0,69

Regressioanalyysin tuloksista voidaan päätellä, että

- kaarteisuus heikentää tien yleiskuntoa erittäin merkittävästi
- keskimääräistä ohuemmilla kulutuskerroksilla myös heikompi kunto
- keskimäärin voimakkaammin suolatuilla teillä parempi kunto
- tien kunto saattaisi parantua myös, jos kulutuskerroksen rakeisuutta muutettaisiin keskimääräisestä siten, että seulakoolla # 0,125 mm läpäisyprosentti kasvaisi, samoin seulakoolla # 16 mm, mutta seula-koolla # 4 mm pienenesi; ts. hienoainesta enemmän, maksimiraekoko pienemmäksi ja hiekka-hienosora-ainesta vähemmän mutta karkeasora-ainesta enemmän.

3.52 Regressiomalli ilman maastotekijöitä

Tien yleiskuntoa selitti tällöin tarkimmin seuraava 10 muuttujan regressiomalli:

selittäjä	keskiarvo	a_i
1 suolamäärä	0,26 kg/m ²	0,54 xx
2 paksuus	5,5 cm	0,022 xx
3 # 4	70,9 %	- 0,074 x
4 # 0,125	15,8 %	0,077 x
5 # 6	77,6 %	0,046 x
6 # 16	95,3 %	0,031 x
7 # 20	98,1 %	- 0,022 -
8 # 1	47,1 %	- 0,024 -
9 # 2	59,6 %	0,035 -
10 # 0,074	12,8 %	- 0,039 -

$R = 0,34$ xxx

$a_0 = 1,90$

Jäännöshajonta = 0,70

Regressioanalyysin tuloksista voidaan päätellä, että

- kulutuskerroksen suolapitoisuuden tulisi olla suurempi kuin keskimäärin tutkimuksessa oli
- keskimäärin ohuemmillä kulutuskerroksilla on vallinnut keskimääräistä heikompi kunto
- hienoainesta tulisi lisätä ja "hiekkapussi" poistaa tien kunnon parantamiseksi (kuten ed. kohdassa)
- rakeisuuskäyrän tulisi suoristua.

Regressioanalyysituloksia tarkasteltaessa on huomattavaa, että selitettävä suure, tien yleiskunto, kuvastaa tien kuntoa vain tietyssä hetkenä. Jotta oheisilla regressioanalyysin tuloksilla olisi arvoa, tulisi tien kunto sitoa yhteen joko aikaan tai kp-toimintojen määrään. Suuntaa antavina tuloksia voidaan kuitenkin pitää.

4. T U L O S T E N T A R K A S T E L U A J A J O H T O P Ä Ä T E L M I Ä

4.1 KULUTUSKERROKSEN RAKENNE

Ajoradan kulutuskerrosmateriaalin rakeisuuskäyrä on seurannut ohjealueen ylärajaa välillä 0,074 - 0,5 mm, välillä 0,5 - 8 mm se on kohonnut 2 - 10 %-yksikköä ohjealueen ylärajan yläpuolelle (ns. hiekkapussi). Loppuosa rakeisuuskäyrästä on sijoittunut ohjealueelle (kuva 3). Sen sijaan ajoradan reunoilla on kiviaines ollut huomattavan karkearakeista - rakeisuuskäyrä on sijoittunut ohjeellisen sora-alueen alarajalle keskimäärin (kuva 3). Tämä johtuu siitä, että kulutuskerrosmateriaalin karkeat rakeet (osa sora-aineksesta) siirtyvät liikenteen vaikutuksesta tien reunoille. Tähän materiaalin siirtymiseen on vaikuttanut ilmeisesti, em. "hiekkapussi", kulutuskerrosten liian vähäinen paksuus, puutteellinen muokkaushöyläys sekä liikenne; "hiekkapussin" vaikutuksesta materiaalin kiinteys heikkenee, vajaa kulutuskerrospaksuus sekä puutteellinen muokkaushöyläys eivät mahdollista karkeiden aineosien sitoutumista kulutuskerrokseen, ja tällöin liikenne voi helpostikin siirtää suuret rakeet tien pinnalta sivuun.

Tiepiireittäin tarkasteltuna on useimmissa piireissä kuluskerrosmateriaaleissa (sora, murskesora tai murske) ollut em. hiekka-hienosora-ainesta liikaa. Ainoastaan Kn, K-P ja P-K:n tiepiireissä kulutuskerroksen rakeisuus vaikuttaa tältä osin tyydyttävältä. Hienoainesmäärä on kaikissa tiepiirien sorateiden kulutuskerroksissa ollut yllättävän suuri ($\leq 0,074$ mm yli 10 %) tien reunaosia lukuunottamatta. Maksimiraekoko (läpäisy 95 %) on useimmissa tapauksissa ollut lähellä 16 mm. Laadunvalvontaohjeiden mukaisen rakeisuusohjealueen yläraajakäyrä vaikuttaa näiden tutkimusten mukaan käyttökelpoiselta rakeisuussuositukselta.

Vajaavaisia kulutuskerrospaksuuksia on ilmennyt runsaasti Uudenmaan, Hämeen, Pohjois-Karjalan, Kuopion, Keski-Pohjanmaan, Kainuun ja Lapin tiepiireissä. Varsinkin Hämeen piirissä tilanne on huolestuttava ja ilman huomattavaa lisäso-
rastusta Hämeen soratiet saattavat kulua kauttaaltaan puhki jo 4...5 vuoden sisällä.

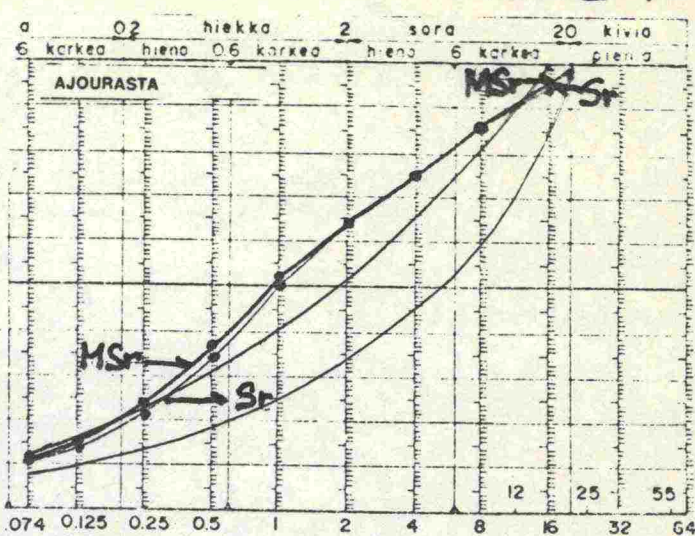
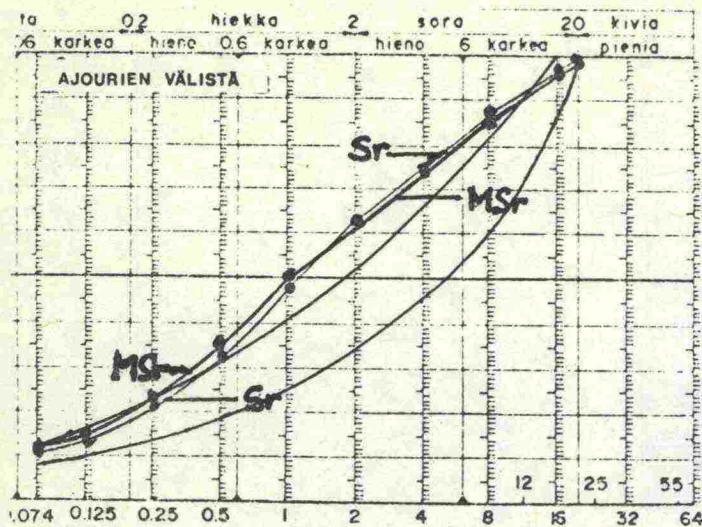
Koko maassa sorateiden kulutuskerroksen paksuus oli keskiarvoltaan 5,0 cm. Kuitenkin suurimmalla osalla sorateistämme on kulutuskerroksen paksuus alle 5,0 cm - eniten on esiintynyt noin 3 cm paksuja kulutuskerroksia (kuva 1). Koska tutkimuksissa kävi ilmi, että keskiarvoa ohuemmillä kulutuskerroksilla on myös keskimäärin huonompi kunto, on noin 60 % sorateistämme kulutuskerroksen vahvistamisen tarpeessa (jos tavoite 5,0 cm), mikä merkitsee noin 25000 km sorateita. Kulutuskerrosten vahvistamiseen tarvitaan kiviainesta ensikädessä noin $3,24 \text{ milj.m}^3$, mikä työkustannuksineen merkitsee n. 85 milj.mk lisämenoa teiden kunnossapidossa. Tämän tutkimuksen tilastoarvioiden mukaan Suomessa on tällä hetkellä yleisiä sorateita noin 3000 km, joiden kulutuskerroksen kestoikä on enää n. 2 vuotta, noin 5500 km sorateita, joiden kestoikä on enää n. 4 vuotta ja runsaat 9000 km sellaisia sorateita, joiden kestoikä nykyisellä sorastuksella on noin 6 vuotta. Näiden lisäksi on vielä noin 8000 km kulutuskerrokseltaan alimittaisia sorateita.

4.2 KULUTUSKERROKSEN YLEISKUNTO TUTKIMUSAJANKOHTANA

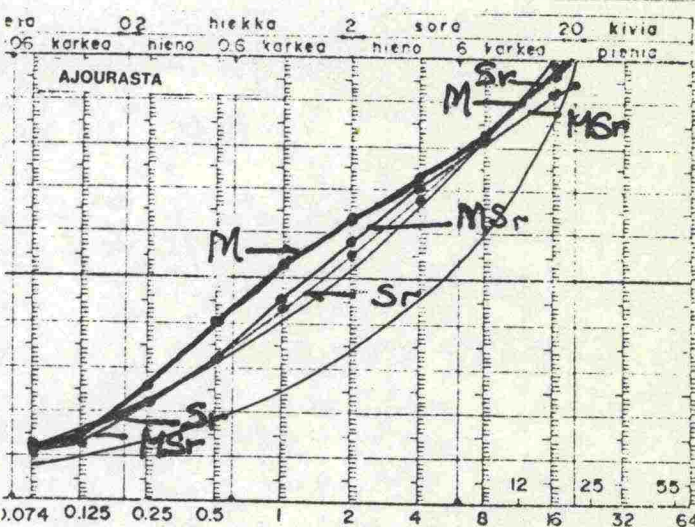
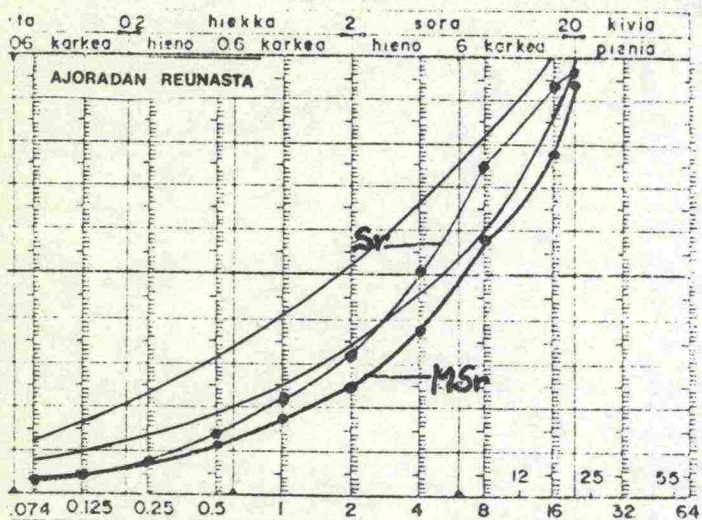
Yleiskuntonsa puolesta sijoittuivat soratiet suurimmaksi osaksi (57 %) keskimääräiseen kuntoluokkaan 3 (standardin mukainen luokka 2,1 - 3,0). Sitä parempia teitä oli 22 % ja huonompia 21 %. Tulos voidaan tulkita siten, että 22 % sorateistämme kunnostetaan liian hyväkuntoisina (liian varhain) ja ainakin 21 % puolestaan huomattavasti liian huonokuntoisina (standardiarvo 1,1 - 2,0). Kunnostustoimenpiteiden suoritusajankohtaan samoin kuin suoritustapaan tulee kiinnittää entistä suurempaa huomiota.

4.3 KÄYTETYT SUOLAMÄÄRÄT

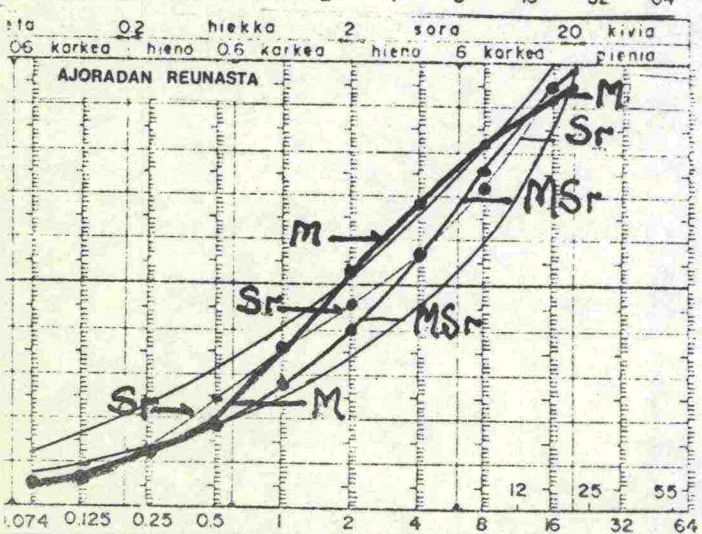
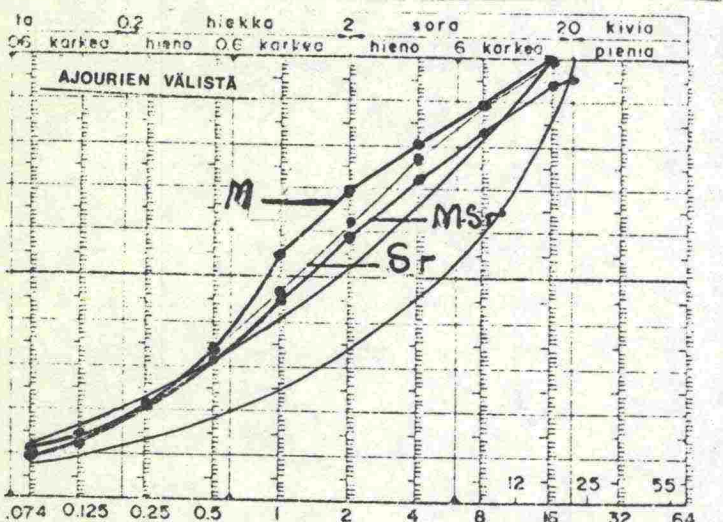
Tutkituilla sorateilla olivat käytetyt (= ilmoitetut) suolamäärät tyydyttävät eri kunnossapitoluokissa. Tutkimustulosten mukaan on suolamäärä vaikuttanut suoraan verrannollisesti tien kuntoon. Näin ollen, mikäli tien kunnossapidon taloudellisuutta ei yksistään ajatella, standardiarvojen mukaisen suolamäärien käyttö on suositeltavaa, jotta tien kunto säilyy yli minimilaatutason mahdollisimman kauan.

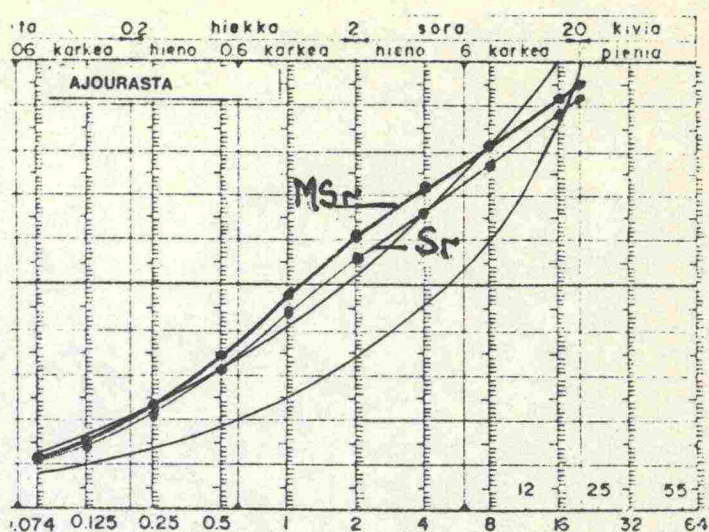
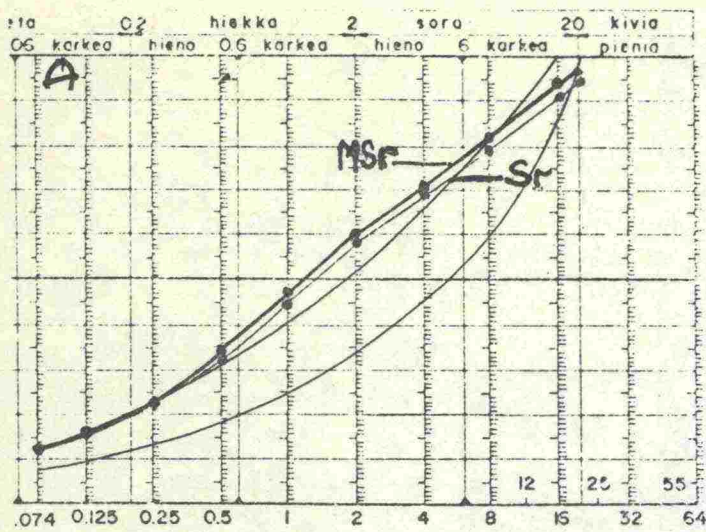


01 UUSIMAA

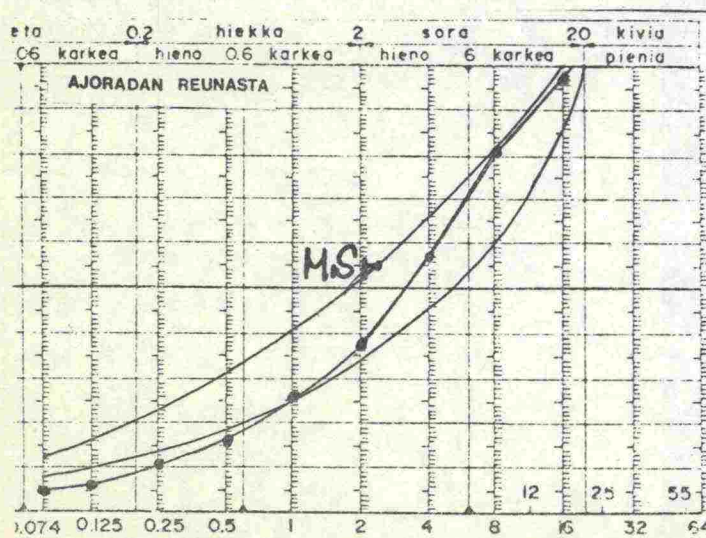
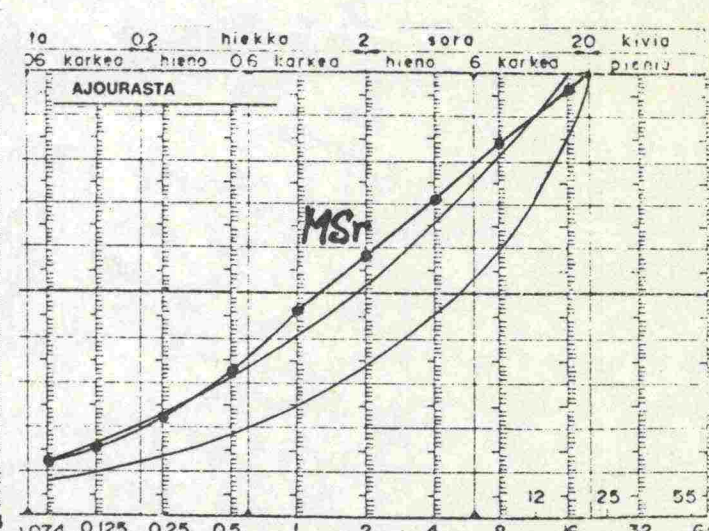
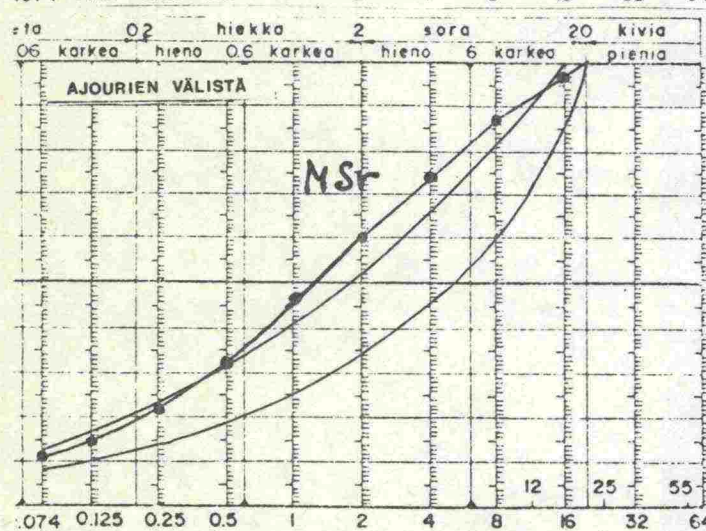
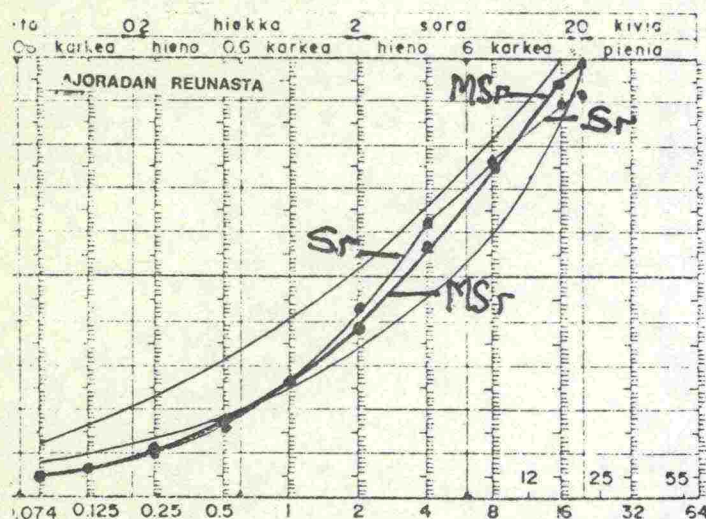


02 TURKU

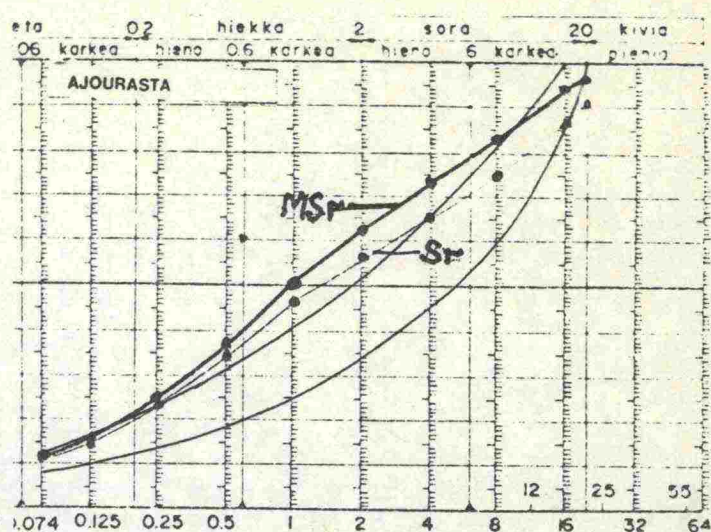
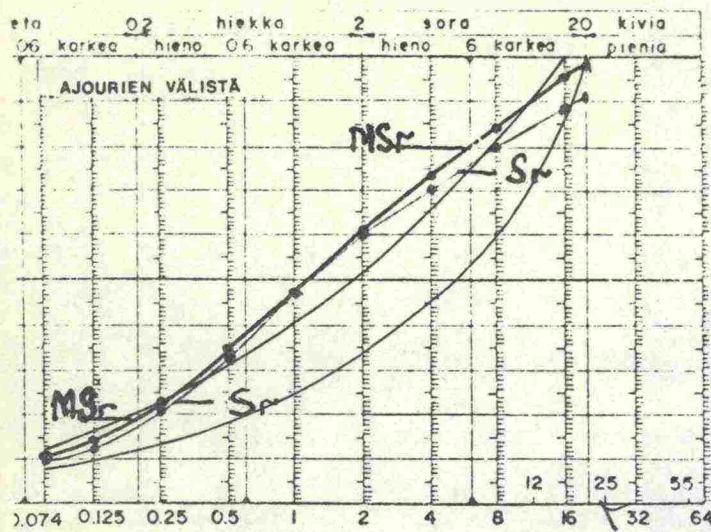




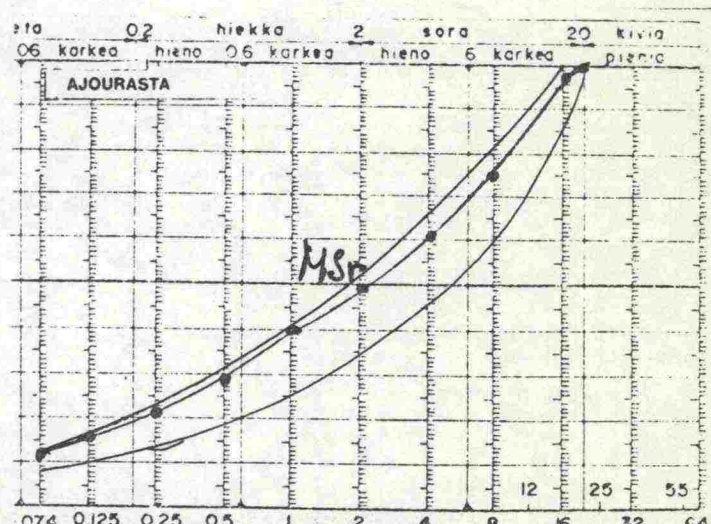
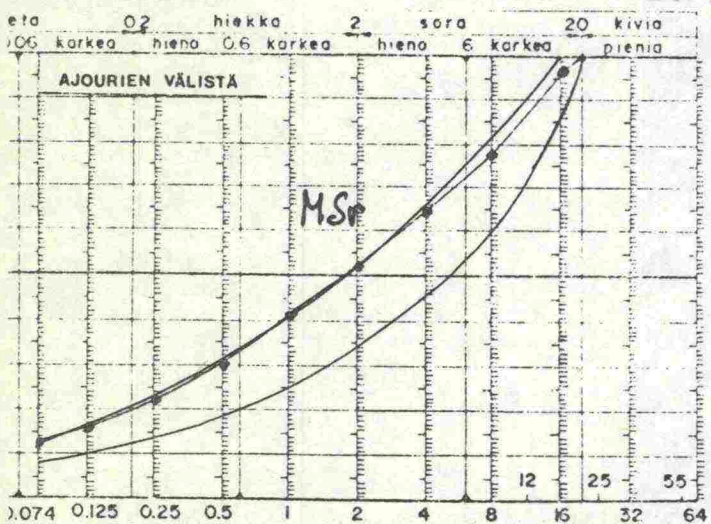
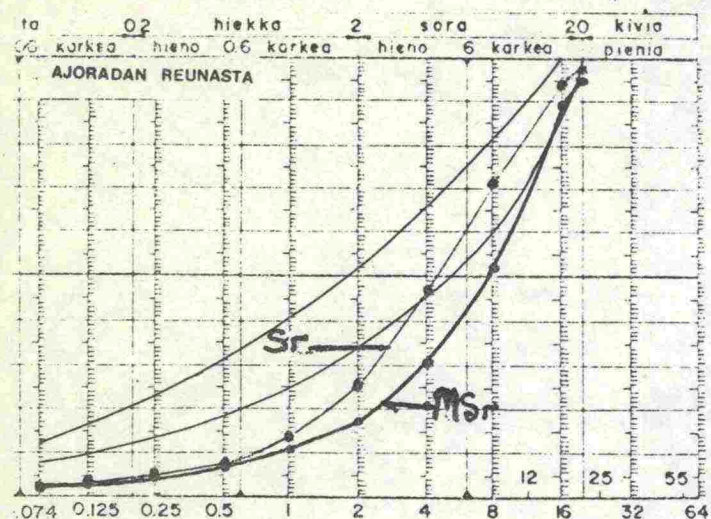
04 HÄME



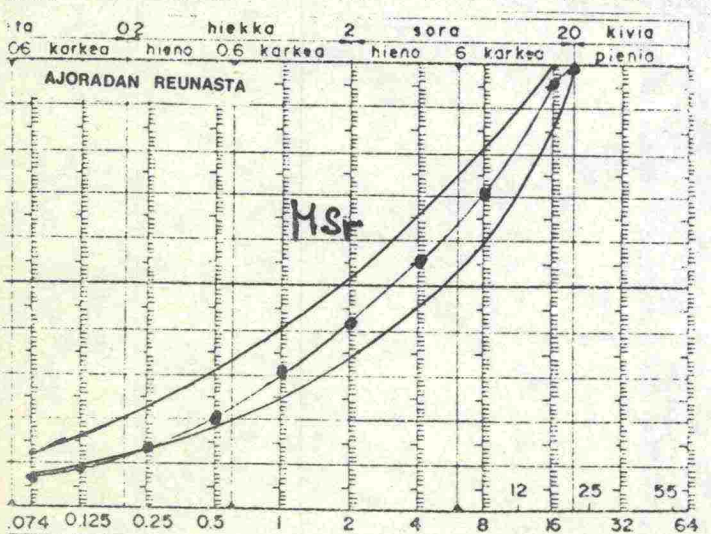
05 KYMI

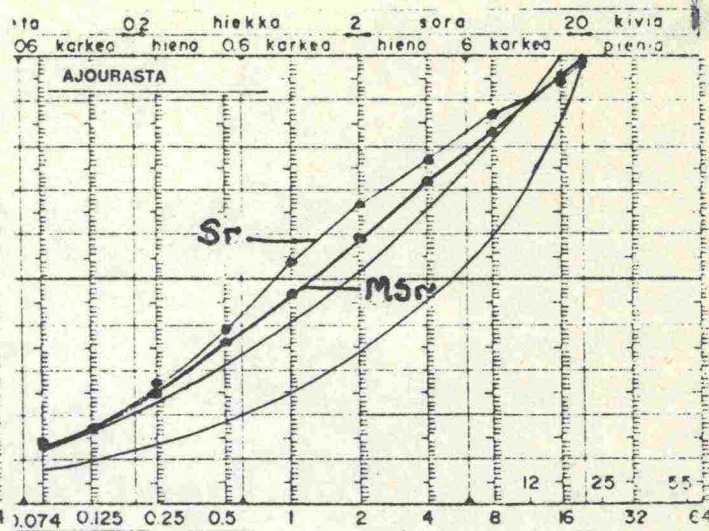
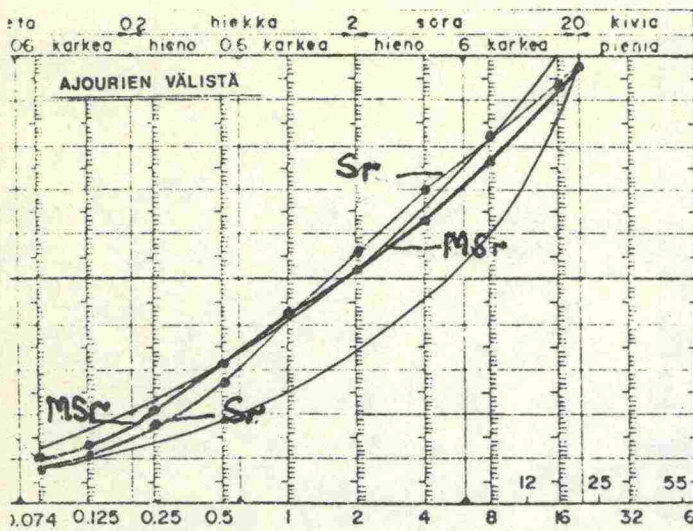


06 MIKKELI

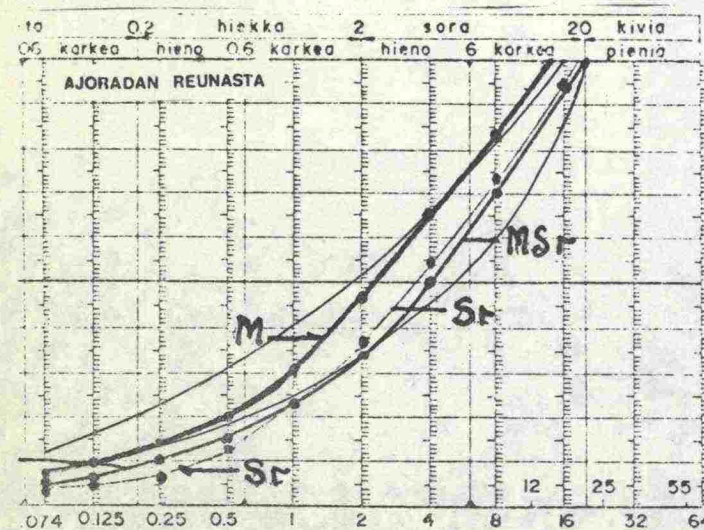
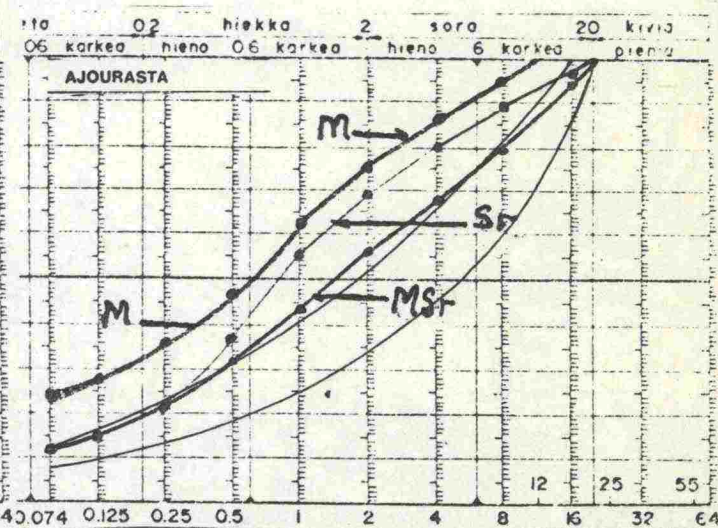
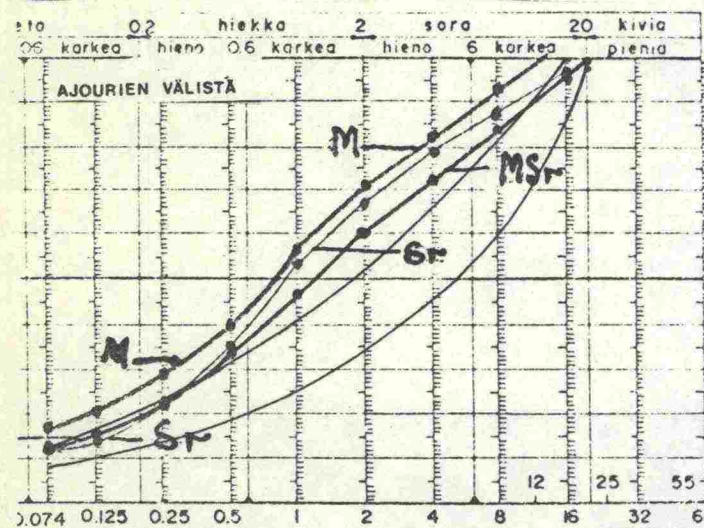
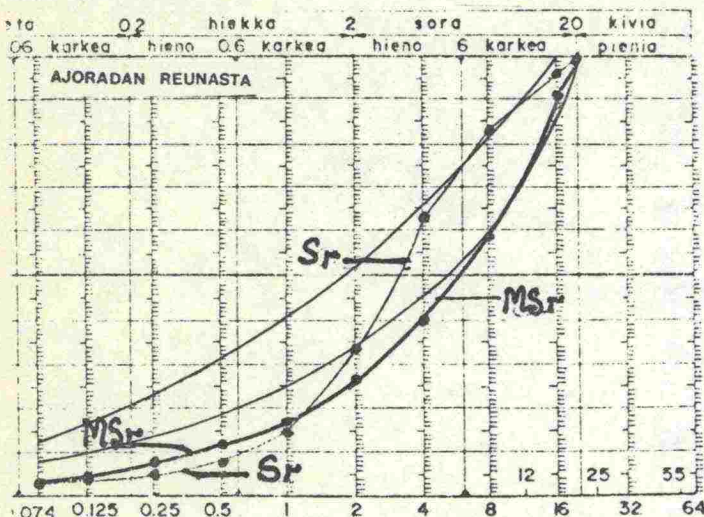


07 POHJOIS-KARJALA

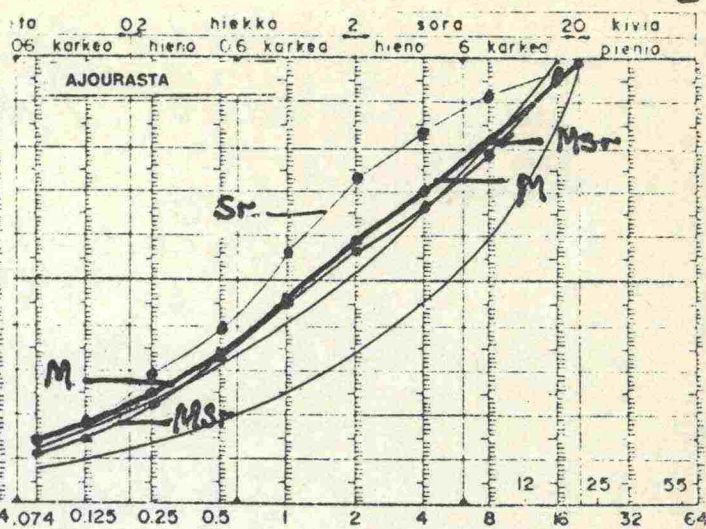
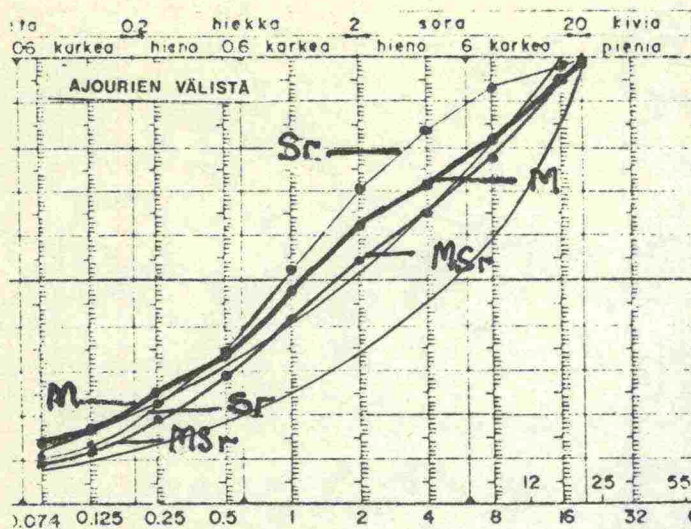




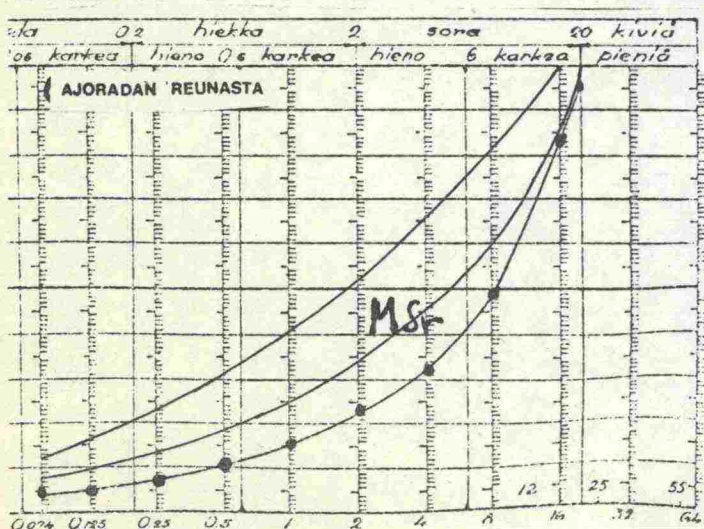
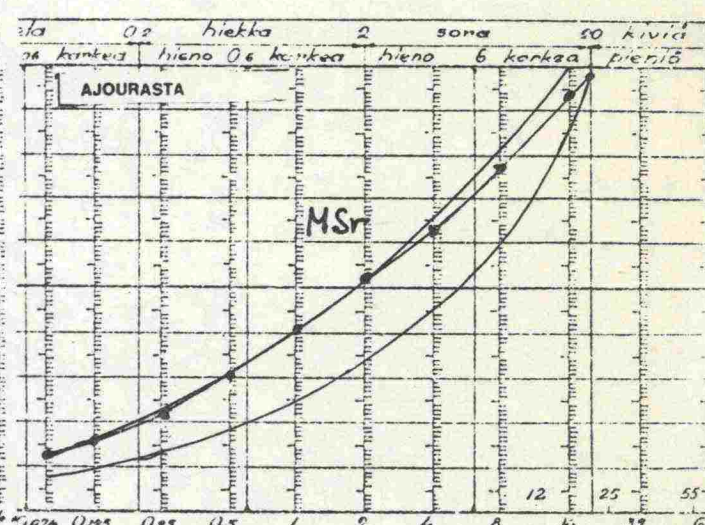
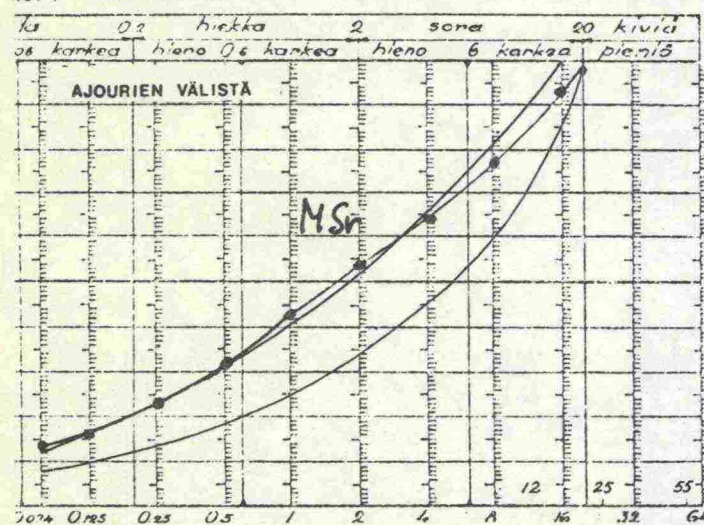
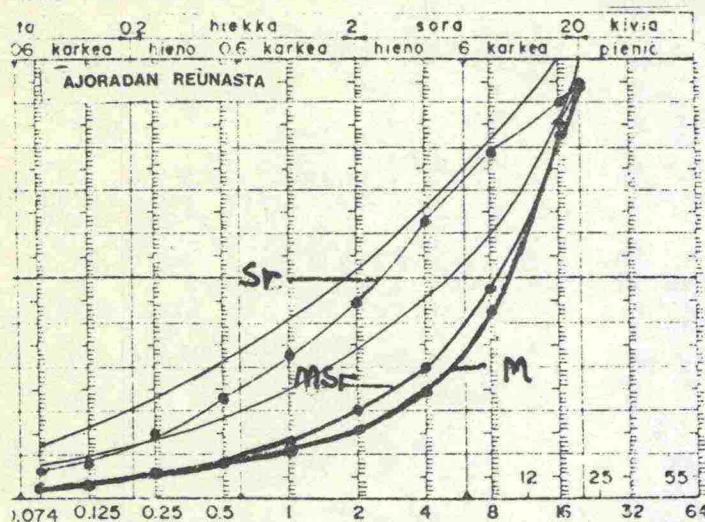
08 KUOPIO



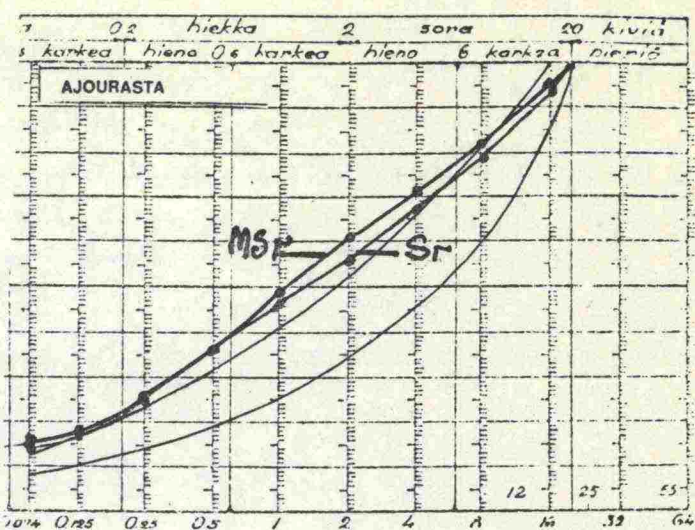
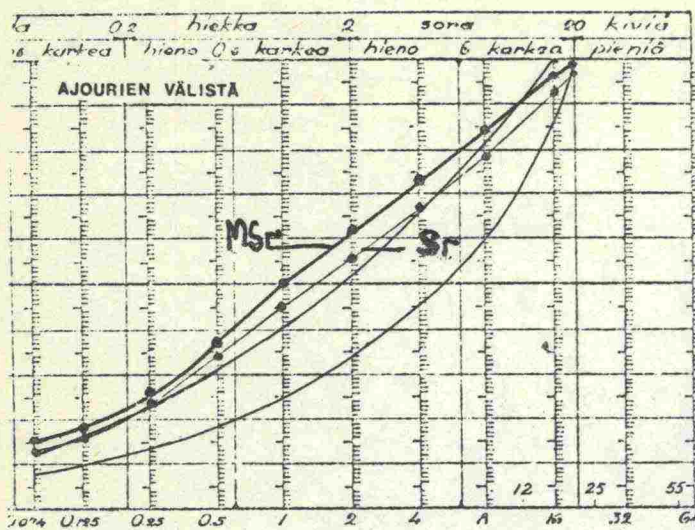
09 KESKI-SUOMI



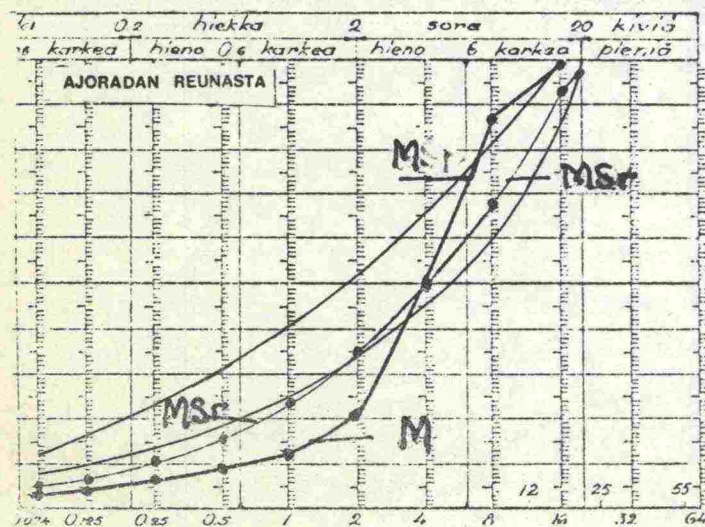
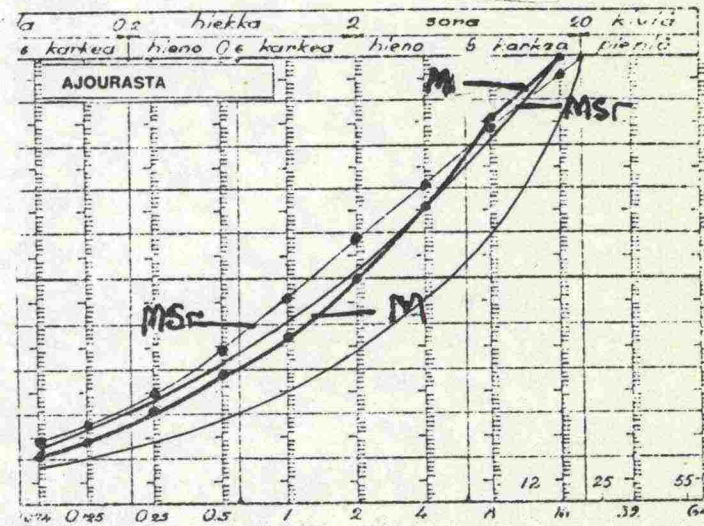
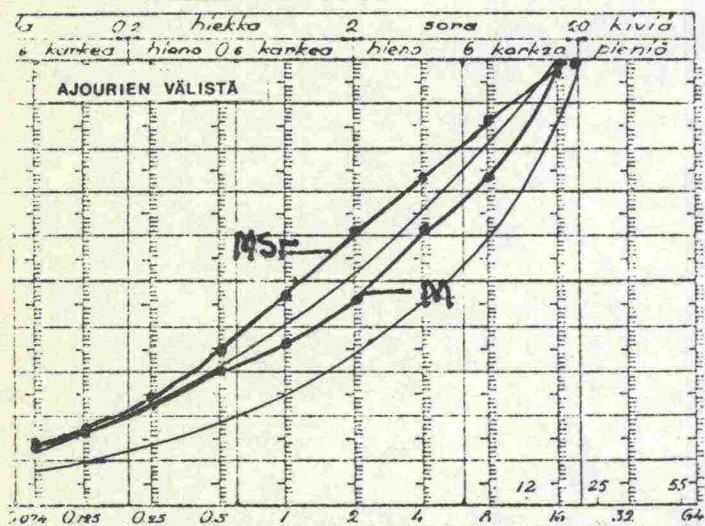
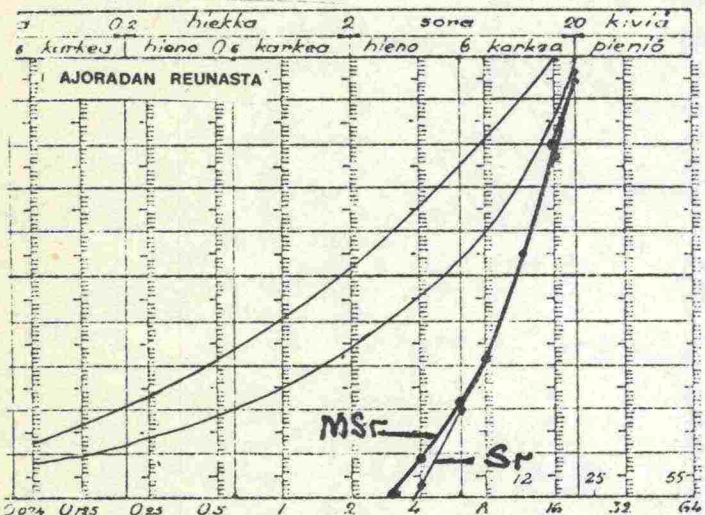
10 VAASA



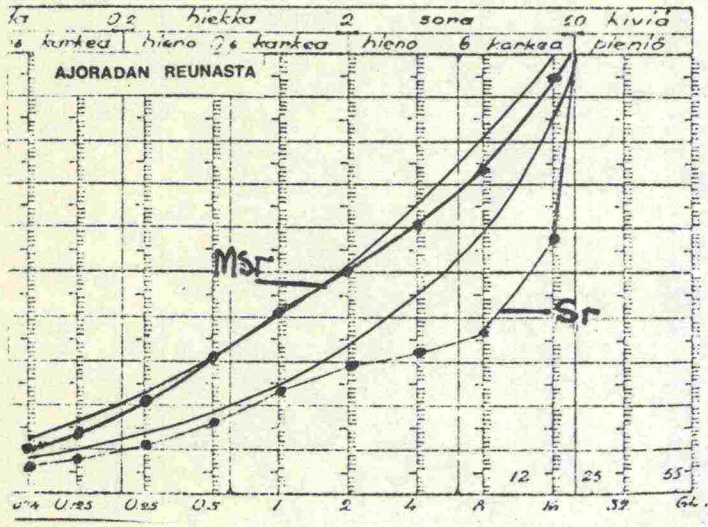
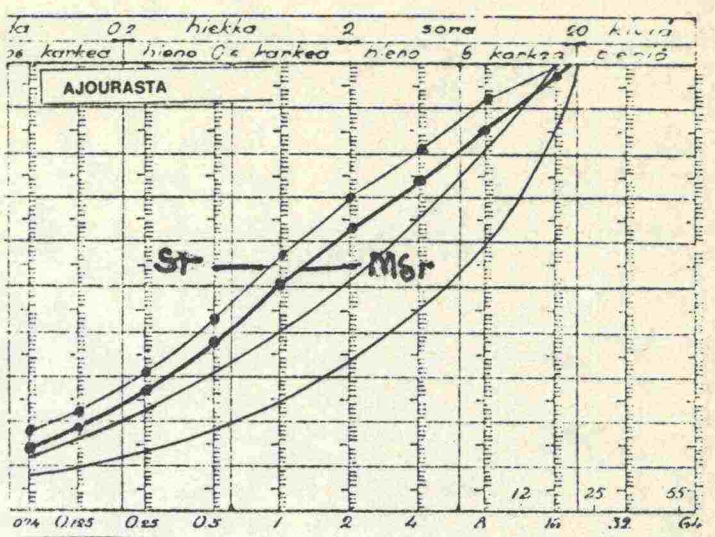
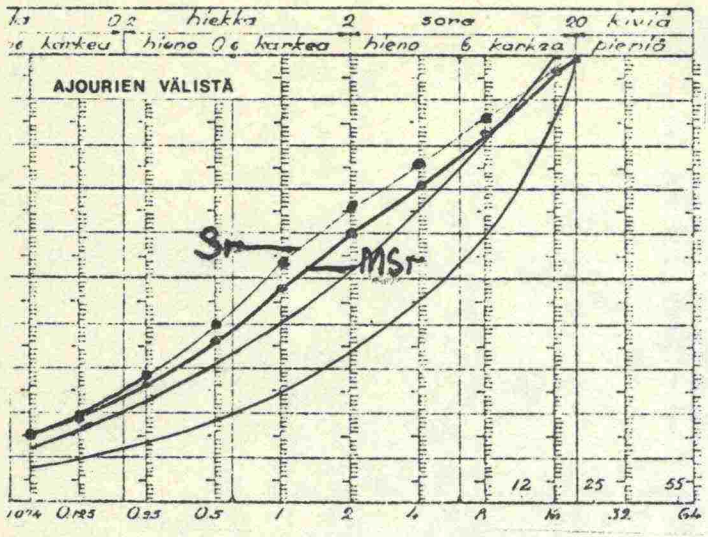
11 KESKI - POHJANMAA



12 OULU



13 KAINUU



14 LAPPI